

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(19)

(11) Publication number: **200**

Generated Document.

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: **2000354603**

(51) Intl. Cl.: **H01L 21/304 B24B 37/04**  
11/30

(22) Application date: **21.11.00**

(30) Priority: **25.01.00 JP 2000015365**

(43) Date of application  
publication: **12.10.01**

(84) Designated contracting  
states:

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(72) Inventor: **SUGIYAMA KIWA**  
**OUCHI TAJI**

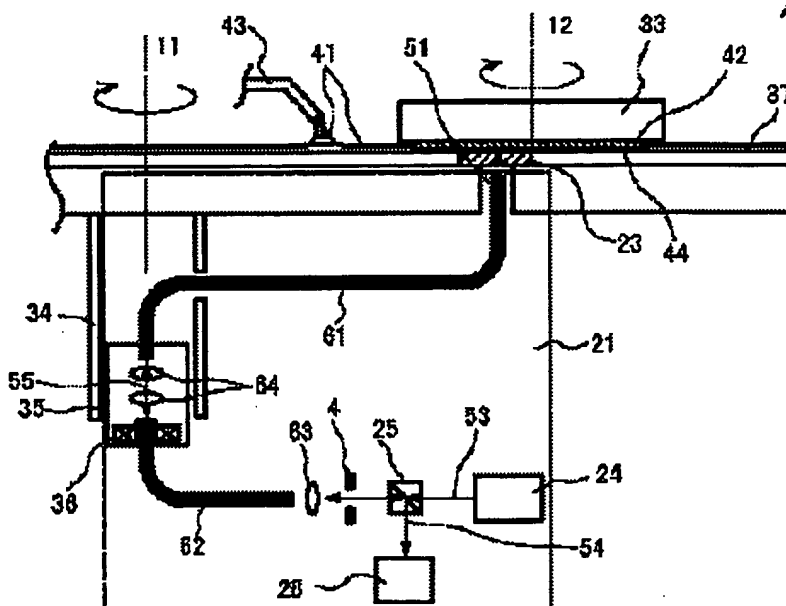
(74) Representative:

## (54) **MONITOR DEVICE POLISHING DEVICE THEREWITH AND MONITOR METHOD, AND POLISHING METHOD**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a monitor device and a monitor method, which enable highly precise measurement of remaining film thickness or optical detection of a process end point practically to any materials, a miniaturized and light-weight polishing device with the monitor device, which enables highly precise polishing, and a method for polishing a semiconductor wafer, wherein a semiconductor element is formed, highly precisely by using the polishing device in a CMP polishing process for polishing a semiconductor wafer with a rotating polishing body.

**SOLUTION:** This monitor device has a stationary light source which monitors polishing state by reflection signal light obtained by casting probe light on a surface to be polished and emits probe light when



polished and emits probe light when a surface to be polished is polished, a photodetector of nonrotation which receives reflection signal light, and a regression optical part which is incorporated in a polishing body part, can rotate together with a polishing body and projects reflection signal light from a prescribed position on injecting probe light to a prescribed position.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-284299

(P2001-284299A)

(43)公開日 平成13年10月12日(2001.10.12)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 S 2 F 0 6 5
B 2 4 B 37/04		B 2 4 B 37/04	K 3 C 0 3 4
49/12		49/12	3 C 0 5 8
G 0 1 B 11/30	1 0 2	G 0 1 B 11/30	1 0 2 Z

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2000-354603(P2000-354603)

(22)出願日 平成12年11月21日(2000.11.21)

(31)優先権主張番号 特願2000-15365(P2000-15365)

(32)優先日 平成12年1月25日(2000.1.25)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 杉山 喜和

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72)発明者 大内 泰司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2F065 FF44 GG01 JJ15 LL02 LL04

LL12

3C034 AA07 AA13 BB73 CA22 DD10

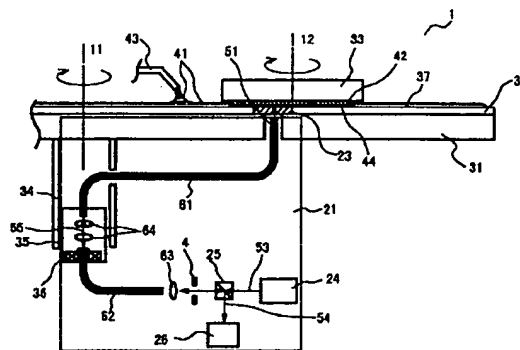
3C058 AA07 AB04 AC02 DA17

(54)【発明の名称】 モニタ装置及びモニタ方法及びこのモニタ装置を具えた研磨装置及び研磨方法

(57)【要約】

【課題】 回転する研磨体により半導体ウェハを研磨するCMP研磨工程に於いて、実際にどのような材料に対しても高精度に残膜厚の測定または工程終了点の検知を光学的に行なうことが可能なモニタ装置、及びモニタ方法、及びこのモニタ装置を具えた小型且つ軽量で高精度な研磨が可能な研磨装置、及びこの研磨装置を用いて半導体素子が形成された半導体ウェハを高精度に研磨する方法を提供する。

【解決手段】本モニタ装置は、被研磨面が研磨される際に、プローブ光を被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタし、プローブ光を発する不回転の光源と、反射信号光を受光する不回転の光検出器と、所定の位置にプローブ光を入射すると所定の位置から反射信号光を出射するところの、研磨体部に組み込まれ研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】加工面を有する回転可能な研磨体を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする装置であり、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの、前記研磨体部に組み込まれ前記研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とするモニタ装置。

【請求項2】前記回帰光学部が光結合レンズと屈折率 $n_0$ の第二光ファイバとを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第一光ファイバを具えることを特徴とする請求項1記載のモニタ装置。

【請求項3】前記回帰光学部が第二反射鏡と第三反射鏡とを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第一反射鏡を具えることを特徴とする請求項1記載のモニタ装置。

【請求項4】前記回帰光学部が、更に前記プローブ光を前記被研磨面に向けて透過すると共に前記反射信号光を逆向きに透過する屈折率 $n_1$ の透明窓を具えることを特徴とする請求項1～3何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項5】前記第二光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下で且つ $n_1$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の屈折率の接着剤で接着されていることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項6】前記第二光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の屈折率の接着剤で接着され、前記透明窓の少なくとも接着部分に前記接着剤と前記透明窓との界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項7】前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第二光ファイバの端面との間に、前記第二の光ファイバの前記端面から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第二光ファイバの前記端面に集光するための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項8】前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第三反射鏡との間に前記第三反射鏡から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第三の反射鏡にリレーするための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項9】前記光学系の中で最も前記第二光ファイバの前記端面側にある屈折率 $n_2$ のレンズと前記第二光ファイバの前記端面とが $n_0$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下で、且つ $n_2$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の接着剤で接着されている

ことを特徴とする請求項7記載のモニタ装置。

【請求項10】前記光学系の中で最も前記第二光ファイバの前記端面側にある屈折率 $n_2$ のレンズと前記第二光ファイバの前記端面とが $n_0$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の接着剤で接着され、前記屈折率 $n_2$ のレンズの少なくとも接着部分に前記接着剤と前記屈折率 $n_2$ のレンズとの界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項7記載のモニタ装置。

【請求項11】前記光学系が、前記被研磨面と光学的に共役な位置に絞りを具えることを特徴とする請求項7～10何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項12】前記第一または第二の光ファイバの少なくとも一つの端面の法線方向が、前記第一または第二の光ファイバの光軸方向に対して非平行とされていることを特徴とする請求項2、4～7、9～11何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項13】前記第一または第二の光ファイバの少なくとも一方が、液体より成るコアを具える光ファイバであることを特徴とする請求項2、4～7、9～12何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項14】回転する加工面と基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタするモニタ方法であり、不回転の光源からプローブ光を発する段階と、前記プローブ光を前記加工面と一緒に回転する回帰光学部に入射する段階と、前記回帰光学部から出射する反射信号光を不回転の光検出器により受光する段階と、を具えることを特徴とするモニタ方法。

【請求項15】加工面を有する回転可能な研磨体を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨し、且つ、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする研磨装置であって、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とする研磨装置。

【請求項16】前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、請求項1～13何れか1項記載のモニタ装置を用いて研磨状態をモニタする段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの研磨方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板の、特に半導体装置プロセスに於いて半導体素子が形成された半導体

ウェハの研磨中に研磨状態をモニタするためのモニタ装置、モニタ方法、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置、及び半導体デバイスが形成された半導体ウェハの研磨方法に関する。

#### 【0002】

【発明が解決しようとする課題】半導体集積回路の止まることを知らない高集積化の動きに伴い、これを製造するための半導体プロセス技術は、益々微細化し、サブハーフミクロンからクォータミクロン時代に突入している。そのため、光リソグラフィの露光工程の露光装置の開口数が大きく（高NA化）なってきたり、これに伴い、露光装置の焦点深度がますます浅くなってきたり。更に、デバイス構造が3次元化し、電極配線の多層構造化、複雑化の傾向も強まっている。

【0003】以上の傾向に対応する重要技術として、近年、半導体プロセスにおける層間絶縁膜のグローバル平坦化技術として、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシングまたはケミカル・メカニカル・プラナリゼーション）法が注目を集めている。このCMP法に用いられる基板研磨装置は図9に示されるように、基板保持部102に装着した基板（半導体ウェハ）107を研磨定盤104に固定した研磨パッド103に押しつけながら相対運動を与え、研磨剤供給機構106から供給される研磨剤（スラリー）105の化学的研磨作用と機械的研磨作用によって基板表面をグローバルに研磨するものである。

【0004】このような基板研磨装置に求められる最も重要な性能の一つとして、研磨の残膜厚の測定と工程終了点の検知がある。この測定精度の善し悪しが、この装置により製造される半導体素子については集積回路の品質を大きく左右するのである。

【0005】しかしながら、従来の基板研磨装置は、いずれも既存の装置の延長線上のものであり、高度化する加工精度の要求を十分に満足していないのが現状である。特に、ロット間での残膜厚のバラツキについては、加工時間の設定による管理方法では、単位時間あたりの研磨量（研磨レート）の変動要因、例えば研磨パッドの目詰まりの他に研磨加工圧、研磨剤の供給量、それに基板周辺の温度環境など、その時々に変動するの種々の要因に対応できていない。また、加工後の残膜厚を専用の測定装置（エアソメータ等）で測定し、これを基板研磨装置にフィードバックして残膜厚を制御する方法も行われているが、この方法は測定のために研磨作業を一旦停止しなければならないという欠点の他に、測定によって、例えば研磨済みの基板の正確な残膜厚が得られたとしても、上記変動要因のために目標の残膜厚を正確に得ることの困難性の解決には対応できないために工程終了点の正確な検知ができず、やはりロット間での膜厚のバラツキが無視できないものになってしまう。

【0006】そこで従来、時間管理による研磨終了点の

検出法以外にも、研磨加工中に同時に（in-situに）研磨終了点を検出する検出法として、研磨定盤を駆動するモータのトルク変動を利用した検出法が提案されている。これは、研磨終了点に於いて基板の被研磨面の材質が変化したときに研磨抵抗が変動することを利用したもので、その研磨抵抗の変動をモータトルクをモニタすることにより検出し、研磨終了点を検出するものである。しかしながら、モータのトルク変動を利用した検出法は、研磨終了点で材質変化が生じるケース（例えば、酸化膜を研磨していく過程で下地のシリコンが露出する場合など）では有効であるが、下方まで同一材質の同一膜の表面の凹凸を高精度（±100nm以下程度）に平坦化したいケースでは、精度的に不十分であるうえ、研磨終了点でモータトルクの変動が顕著に現れないため、実質的に研磨終了点の検出ができなくなってしまう。

【0007】そこで、最近では、このようなトルク変動からの終点検出でなく、光学式による終点検出の開発が急がれている。この光学的終点検出技術の有力例を図10に示すが、本技術は、基板保持部102に装着した基板（半導体ウェハ）107を研磨定盤104に固定した研磨パッド103に押しつけながら基板の回転運動100と研磨パッドの回転運動101によって相対運動を与え、研磨剤供給機構106から供給される研磨剤（スラリー）105の化学的研磨作用と機械的研磨作用とによって基板表面をグローバルに研磨する際に、研磨パッド103と研磨定盤104に開けられた透明窓110を通してモニタ装置109から出射するプローブ光を半導体ウェハ107に向けて照射し、半導体ウェハ107からの反射光をモニタ装置が具える光検出装置が受光することによって工程終了点の検知を行なおうとするものである。

【0008】ところが、図10のように提案された終点検出方法について、従来、原理的な範囲のみの開示に限られていて、具体的な光学系などの構成部材の配置については明確に開示されていなかった。例えば、図10に近い技術として特開平9-360722があるが、ここには、光学センサの構成についての記載がない。

【0009】また、図10を見れば分かるように、モニタ装置109は、回転する研磨定盤104に固定されなければならない。モニタ装置は光源や光検出器を具えるので、モニタ装置が回転することはこれを収納するために研磨定盤104の下部に無視できない大きさの収納スペースを必要とする。このことは、CMP研磨装置の設計上大きな制約となる。

【0010】一般に、高価なクリーンルーム内で使用されるCMP研磨装置のような装置は、装置の小型化と軽量化が特に強く要請されるが、このような収納スペースは、設計の自由度を減らすのみならず、CMP研磨装置の小型化・軽量化の大きな障害となるのである。

【0011】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決

して、実際にどのような材料の基板に対しても高精度に残膜厚の測定または工程終了点の検知を光学的に行うことが可能なモニタ装置、及びモニタ方法、及びこのモニタ装置を具えた小型且つ軽量で高精度な研磨が可能な研磨装置、及びこの研磨装置を用いて半導体素子が形成された半導体ウェハを高精度に研磨する方法を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は第一に、加工面を有する回転可能な研磨体を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする装置であり、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの、前記研磨体部に組み込まれ前記研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とするモニタ装置を提供する。

【0013】ここで、研磨体部とは、研磨体や研磨定盤やシャフトのみならず、回転機構などを具えた機構一式を意味する。第二に、前記回帰光学部が光結合レンズと屈折率  $n_0$  の第二光ファイバとを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第一光ファイバを具えることを特徴とする請求項1記載のモニタ装置を提供する。

【0014】第三に、前記回帰光学部が第二反射鏡と第三反射鏡とを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第一反射鏡を具えることを特徴とする請求項1記載のモニタ装置を提供する。

【0015】第四に、前記回帰光学部が、更に前記プローブ光を前記被研磨面に向けて透過すると共に前記反射信号光を逆向きに透過する屈折率  $n_1$  の透明窓を具えることを特徴とする請求項1～3何れか1項記載のモニタ装置を提供する。

【0016】第五に、前記第二光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下で且つ  $n_1$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下の屈折率の接着剤で接着されていることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置を提供する。

【0017】第六に、前記第二光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下の屈折率の接着剤で接着され、前記透明窓の少なくとも接着部分に前記接着剤と前記透明窓との界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置を提供する。

【0018】第七に、前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第二光ファイバの端面との間に、前記第二の光ファイバの前記端面から出射するプローブ光を前記被研

磨面に照射し、反射信号光を前記第二光ファイバの前記端面に集光するための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置を提供する。

【0019】第八に、前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第三反射鏡との間に前記第三反射鏡から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第三の反射鏡にリレーするための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置を提供する。

【0020】第九に、前記光学系の中で最も前記第二光ファイバの前記端面側にある屈折率  $n_2$  のレンズと前記第二光ファイバの前記端面とが  $n_0$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下で、且つ  $n_2$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下の接着剤で接着されていることを特徴とする請求項7記載のモニタ装置を提供する。

【0021】第十に、前記光学系の中で最も前記第二光ファイバの前記端面側にある屈折率  $n_2$  のレンズと前記第二光ファイバの前記端面とが  $n_0$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下の接着剤で接着され、前記屈折率  $n_2$  のレンズの少なくとも接着部分に前記接着剤と前記屈折率  $n_2$  のレンズとの界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項7記載のモニタ装置を提供する。

【0022】第十一に、前記光学系が、前記被研磨面と光学的に共役な位置に絞りを具えることを特徴とする請求項7～10何れか1項記載のモニタ装置を提供する。第十二に、前記第一または第二の光ファイバの少なくとも一つの端面の法線方向が、前記第一または第二の光ファイバの光軸方向に対して非平行とされていることを特徴とする請求項2、4～7、9～11何れか1項記載のモニタ装置を提供する。

【0023】第十三に、前記第一または第二の光ファイバの少なくとも一方が、液体より成るコアを具える光ファイバであることを特徴とする請求項2、4～7、9～12何れか1項記載のモニタ装置を提供する。

【0024】第十四に、回転する加工面と基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタするモニタ方法であり、不回転の光源からプローブ光を発する段階と、前記プローブ光を前記加工面と一緒に回転する回帰光学部に入射する段階と、前記回帰光学部から出射する反射信号光を不回転の光検出器により受光する段階と、を具えることを特徴とするモニタ方法を提供する。

【0025】第十五に、加工面を有する回転可能な研磨体を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることに

より前記被研磨面を研磨し、且つ、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする研磨装置であって、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とする研磨装置を提供する。

【0026】第十六に、前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、請求項1〜13何れか1項記載のモニタ装置を用いて研磨状態をモニタする段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの研磨方法を提供する。

【0027】

【発明の実施の形態】〔第一の実施形態〕本実施形態のモニタ装置を組み込んだ状態の研磨装置の概要図を図1に示す。図1にて、21はモニタ装置であり、プローブ光を発する光源24、ビームスプリッタ25、反射信号光を受光する光検出器26、第一光結合レンズ63、第一光ファイバ62、ロータリージョイント35、及び第二光ファイバ61を具える。ロータリージョイント35は、第二光結合レンズ64、軸受け36、及び第二光ファイバ61の第一の端面を固定するための固定座を具える。第一光ファイバ62の第二の端面側の端部が、ロールベアリング状の軸受け36の中央部のインナーレースに差し込まれ、インナーレースに固定されている。この第二の端面側の端面の固定位置は、プローブ光を出射し反射信号光を入射するために、回転軸11上の所定位置に一致するように調整されている。また第二光ファイバ61の第一の端面側の端部は固定座に固定されている。アウターレースはロータリージョイント35の筐体部に固定され、ロータリージョイント35の筐体部はシャフト34の内面に固定されている。ここで、第二光結合レンズ64と第二光ファイバ61とが回帰光学部を構成しており、この回帰光学部は、必要に応じて更に透明窓23を具え、更に被研磨面44とを加えることにより回帰光学系を構成する。この回帰光学系は、この回帰光学系内の所定の位置にプローブ光を入射するとこの所定の位置から前記反射信号光を逆向きに射出することを意味する。

【0028】第一光結合レンズ63はプローブ光を第一光ファイバ62の第一の端面に集光し入射するとともに、第一光ファイバ62の第一の端面から射出する反射信号光をビームスプリッタ25に入射する。ここで第一光結合レンズ63は、光伝送のロスをなくすために第一光ファイバ62とは好ましくはモードマッチングされている。第一光ファイバ62と第二光ファイバ61は、各々第一の端面から入射するプローブ光を伝え、第二の端面から射出させると共に、第二の端面から入射する反射

信号光を伝え、第一の端面から射出させる。また、第二光結合レンズ64は第一光ファイバ62の第二の端面から射出するプローブ光を入射させて第二光ファイバ61の第一の端面に集光し入射させると共に、第二光ファイバ61の第一の端面から射出する反射信号光を入射させて第一光ファイバ62の第二の端面に集光し入射させる。ここで第二光結合レンズ64は、光伝送のロスをなくすために第一光ファイバと第二光ファイバ61の双方とは好ましくはモードマッチングされている。第二光ファイバ61の第二の端面から射出したプローブ光は透明窓23を透過して基板42の被研磨面に照射され、そこから反射した反射信号光は再び透明窓23を逆向きに透過して第二光ファイバ61の第二の端面に入射する。

【0029】このようにして、研磨装置の研磨定盤が回転するような稼働状態で第一光ファイバ62を不回転のままとすることができ、その結果、設置スペースを要する光源24、ビームスプリッタ25、光検出器26、及び第一光結合レンズ63を不回転の位置に設置することができ、このことは設置場所の制約が少なくするので、研磨装置の小型化に極めて都合が良い。

【0030】次に、同じ図1の研磨装置全体の構成を説明する。図1にて31は研磨定盤、32は研磨定盤31に固定された研磨体、34は研磨定盤31がこの回りに回転するシャフト、42は基板、33は基板42を保持する基板保持部、43は研磨剤供給機構である。研磨に於いて、基板42の被研磨面は加圧機構（不図示）により研磨体32の加工面に加圧され、研磨剤供給機構43により研磨剤41を供給しながら基板保持部33を回転（回転軸12の回りの回転方向のみが示される）し、且つ研磨定盤31を回転機構（不図示）により回転（回転軸11の回りの回転方向が示される）することによって基板42の被研磨面が研磨される。

【0031】研磨体32は好ましくは透明窓23を具える。この透明窓23はプローブ光及び反射光を透過させる機能と研磨剤が漏れるのを防止する機能とを持つ。この透明窓23には透過するプローブ光と反射光の界面での反射損失を低減するために少なくとも片面に反射防止膜が形成されている。

【0032】モニタに当たって、光源24から発したプローブ光はビームスプリッタ25を透過し、第一光結合レンズ63、第一光ファイバ62を経由し、所定の位置にあるその端面から第二光結合レンズ64に向けて射出する。このプローブ光は、更に光結合レンズ64、第二の光ファイバ61、及び透明窓23を経由して基板42の被研磨面に向けて射出する。尚、ここで、ビームスプリッタ25と第一光結合レンズ63との間に絞り4が設け、これの開度調整により、第一光ファイバ62に入射するプローブ光の最大入射角度を調整すると共に、基板42の被研磨面への照射スポットサイズを調整することも出来る。この被研磨面からの反射信号光は前記経路を



プローブ光とは全く逆向きに辿り、第二光結合レンズ64によりその第二の端面を所定の位置に置いた第一の光ファイバ62の端面に入射・透過し、第一光結合レンズ63を透過し、ビームスプリッタ25を反射して、光検出器26に入射して信号として検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

【0033】ここで、透明窓23は回転軸11の回りに回転しているので、プローブ光が基板42の被研磨面に照射され、反射信号が取得されるのは透明窓23が被研磨面の下に回転して来たときである。

【0034】本モニタ装置はロータリジョイント35を具えるので、研磨装置の回転部に設置することが可能となり、非常に汎用性が高い。

〔第二の実施形態〕本実施形態のモニタ装置を組み込んだ状態の研磨装置の概要図を図2に示す。図2にて、21はモニタ装置であり、プローブ光を発する光源24、ビームスプリッタ25、反射信号光を受光する光検出器26、第一反射鏡27、第二反射鏡28、及び第三反射鏡29を具える。この第一反射鏡27のプローブ光の反射位置は反射信号光を入射するための所定位置に一致するように、更に反射プローブ光が回転軸11に一致するように調整されている。ここで、第二反射鏡28と第三の反射鏡29とが回帰光学部を構成している。この回帰光学部は、必要に応じて更に透明窓23を具え、更に被研磨面44とを加えることにより回帰光学系を構成する。この回帰光学系は、この回帰光学系内の所定の位置にプローブ光を入射するとこの所定の位置から前記反射信号光を逆向きに射出することを意味する。

【0035】第一反射鏡27は、ビームスプリッタ25から射出するプローブ光を第二反射鏡28に向けて射出するとともに、第二反射鏡28から射出する反射信号光をビームスプリッタ25に向けて射出する。第二の反射鏡28は、第一反射鏡27から射出するプローブ光を第三反射鏡29に向けて射出するとともに、第三反射鏡29から反射して射出する反射信号光を第一反射鏡27に向けて射出する。第三反射鏡29から射出したプローブ光は透明窓23を通り基板42の被研磨面に照射され、そこからの反射信号光は再び透明窓23を逆向きに透過して第三反射鏡に入射し第二の反射鏡28に向けて反射される。

【0036】このようにして、研磨装置の研磨定盤が回転するような稼働状態で第一反射鏡27、光源24、ビームスプリッタ25、及び光検出器26を不回転の位置に設置することができるので、研磨装置の小型化に極めて都合が良い。

【0037】次に、同じ図2の研磨装置全体の構成を説明する。図2にて31は研磨定盤、32は研磨定盤31に固定された研磨体、34は研磨定盤31がこの回りに回転するシャフト、42は半導体ウェハ、33は半導体ウェハ42を保持する基板保持部、43は研磨剤供給機

構である。研磨に於いて、基板42の被研磨面は加圧機構（不図示）により研磨体32の加工面に加圧され、研磨剤供給機構43により研磨剤41を供給しながら基板保持部33を回転（回転軸12の回りの回転方向のみが示される）し、且つ研磨定盤31を回転機構（不図示）により回転（回転軸11の回りの回転方向が示される）することによって基板42の被研磨面が研磨される。

【0038】研磨体32は好ましくは透明窓23を具える。この透明窓23はプローブ光及び反射光を透過させる機能と研磨剤が漏れるのを防止する機能とを持つ。この透明窓23には透過するプローブ光と反射光の反射損失を低減するために少なくとも片面に反射防止膜が形成されている。

【0039】また、シャフト34の内部には回転する第二反射鏡28が組み込まれ、シャフト34と一緒に回転するようにされている。回転する第二反射鏡28は、不回転の第一反射鏡27から反射して来るプローブ光を回転しながら受け、第二反射鏡28と同じ角速度で回転する第三反射鏡29に向けてプローブ光を射出する。また、同様に回転する第二反射鏡28は、第二反射鏡28と同じ角速度で回転する第三反射鏡29から射出する反射信号光を回転しながら受け、不回転の第一反射鏡27に向けて射出する。

【0040】モニタに当たって、光源24から発したプローブ光はビームスプリッタ25を透過し、所定位置に設けた第一反射鏡27、第二反射鏡28、第三反射鏡29、及び透明窓23を経由して基板42の被研磨面に向けて射出する。この被研磨面からの反射信号光は前記経路をプローブ光とは全く逆向きに辿り、所定位置に設けられた第一反射鏡27を反射し、ビームスプリッタ25を反射して光検出器26に入射して検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

【0041】ここで、透明窓23は回転軸11の回りに第二反射鏡28と第三反射鏡29と一緒に回転しているので、プローブ光が基板42の被研磨面に照射され、反射信号が取得されるのは透明窓23が被研磨面の下に回転して来たときである。

【0042】〔第三の実施形態〕本実施形態は、第二光ファイバ61の端面が透明窓に接着剤を用いて接着されている点でのみ第一の実施形態と異なる。

【0043】図1の概要図に示された第一の実施形態では、第二光ファイバ61から射出したプローブ光を直接、基板42の被研磨面に照射してその反射信号光を再び第二光ファイバ61の端面に入射させる。しかし、第二光ファイバ61から射出するプローブ光は発散光であり、しかも透明窓とファイバの端面との間には間隙があり、無視できない程度にこの間の距離が離れているので、反射信号光は光発散のために少なからず失われ、第二光ファイバ61に入射する光量は減少してしまう。そ

のため本実施形態では、第二光ファイバ61の端面位置を基板の被研磨面に可能な限り近づけるためにこの第二光ファイバの端面の屈折率を $n_0$ とし、透明窓23の屈折率を $n_1$ とすると、 $n_0 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_1 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着する。この実施形態の概要を説明する図が図3に示される。

【0044】このようにすることにより、第二光ファイバ61の端面を基板42の被研磨面に近づけることだけでなく、同時に透明窓23の界面と第二光ファイバ61の端面での反射損失を減少することもできる。ファイバ端面の反射損失を減少させるために第二光ファイバ61の端面に反射防止膜を形成する方法は、ファイバの端面が非常に小さく、細長い形状のために、通常の真空蒸着法により形成することが困難なために製造コストが高いという問題があり、また透明窓の表面の反射損失の問題が残る。そのため、本実施形態の接着の方法はコストの点からも優れている。なお、異なる屈折率 $n$ と屈折率 $n'$ の透明物体の界面での反射率 $R$ は、一般に

$$R = ((n - n') / (n + n'))^2$$

で与えられ、 $n = 1.5$ とすると、 $n' = 1.0$ の空気との界面の反射率は約4%となる。しかしながら、この界面の屈折率差が小さくなると界面の反射率は低下する。今、 $n_0$ に対して、その差が1.7%以下の屈折率を有し、且つ $n_1$ に対して、その差が1.7%以下の屈折率を有する接着剤で光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着した場合は、ファイバと接着剤の界面のみならず接着剤と透明窓23の界面での反射率を各々約1%以下に減少できる。その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0045】【第四の実施形態】本実施形態は、透明窓23の表面に接着剤と透明窓との界面の反射を減らすための反射防止膜が施されている点でのみ第三の実施形態と異なる。

【0046】第三の実施形態では、第二光ファイバの端面の屈折率を $n_0$ とし、透明窓23の屈折率を $n_1$ とすると、 $n_0 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_1 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着する。しかしながら、 $n_0$ と $n_1$ の値によっては $n_1 \pm 1.7\%$ の屈折率条件を満たす適当な接着剤が見つからない場合がある。この場合には透明窓23の表面に接着剤と透明窓との界面の反射を減らすための反射防止膜を形成する。本実施形態は、第三の実施形態を説明するのに用いた図3に、この反射防止膜を簡単のために明示しない形で示される。

【0047】このようにすることにより、接着剤選択の自由度を増やすことができ、且つ接着剤との二つの界面での反射率を十分に低減することができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0048】【第五の実施形態】本実施形態の全体の概

要図を図4に示し、図5には光学窓付近の光学系を示す。本実施形態は第一の実施形態とは第二光ファイバの端面と透明窓との間に凸パワーを持つ光学系22を配置している点でのみ異なる。光学系22は複数のレンズで構成されることもあるが、本図では1個のレンズのみが代表的に示されている。第三、第四の実施形態により、第二光ファイバ61の端面、透明窓23の表面での反射損失を低減することが出来るが、第三の実施形態で説明したように第二光ファイバから出射するプローブ光は発散光であり、透明窓23は無視できない厚みを持っているので、この間をプローブ光そして反射信号光が進む間に光は発散してしまい、第二光ファイバ61の端面には一部の光しか入射できない。図5に於いて、この凸のパワーを持った光学系22は、第二の光ファイバ61の端面が基板42の被研磨面に対して再び光学的に共役になるように設計されている。詰まり、第二光ファイバ61の端面から放射されたプローブ光が、凸のパワーを持った光学系22により屈折、被研磨面に照射し反射され、信号光が再び凸のパワーを持った光学系22を逆向きに屈折された結果、第二光ファイバ61の端面位置に、出射したときの端面形状の等倍の像を結ぶのである。更にこの凸のパワーを持った光学系22は、第二光ファイバ61の入出射に対してモードマッチさせて光ロスがないようにされていることが好ましい。このようにすれば、原理的に、被研磨面で反射した信号光を全て第二光ファイバ61に取り込むことができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0049】【第六の実施形態】本実施形態の光学窓付近の光学系の概要を説明する図が図6に示される。本実施形態は第五の実施形態とは光学系22の中のうち最も第二の光ファイバの端面側にあるレンズ220と第二の光ファイバの端面とが接着剤70で接着されている点でのみ異なる。図6では光学系22が複数レンズで構成された場合の他のレンズは明示されていない。ここでも第三の実施形態と同様に屈折率条件が要求され、第二の光ファイバの端面の屈折率を $n_0$ とし、レンズ220の屈折率を $n_2$ とすると、 $n_0 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_2 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面とレンズ220とを接着する。

【0050】このようにすることにより、第二光ファイバ61の端面での界面反射とレンズ220の接合面側の界面の光の反射を低減することができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0051】【第七の実施形態】本実施形態は、レンズ220の表面に接着剤とレンズ220との界面の反射を減らすための反射防止膜が施されている点でのみ第六の実施形態と異なる。本実施形態の光学窓付近の光学系は、第六の実施形態を説明するのに用いた図6に、簡単のためにこの反射防止膜を図示しない形で示される。

【0052】第六の実施形態では、第二光ファイバの端

面の屈折率を $n_0$ とし、レンズ220の屈折率を $n_2$ とすると、 $n_0 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_2 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面とレンズ220とを接着する。しかしながら、 $n_0$ と $n_2$ の値によっては $n_2 \pm 1.7\%$ の屈折率条件を充たす適当な接着剤が見つからない場合がある。この場合にはレンズ220の表面に接着剤70とレンズ200との界面の反射を減らすための反射防止膜を形成する。

【0053】このようにすることにより、接着剤選択の自由度を増やすことができ、且つ接着剤との二つの界面での反射率を十分に低減することができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0054】〔第八の実施形態〕本実施形態の光学系22の付近の様子を図7に示す。本実施形態は第五の実施形態とは光学系22をより発展させた点でのみ異なる。図7に於いて、光学系22は前群光学系221と後群光学系222とを具え、更に絞り14を具える。絞り14は、前群光学系221の中で基板42の被研磨面と光学的に共役な位置に設けられる。

【0055】第二光ファイバ61からの光の出射方向は、ファイバが曲がるなどすると変わることがある。すると第五の実施形態のモニタ装置の場合、光の照射位置がずれるなどして測定誤差の原因となる。光学系22の中に設けられる絞り14は、第二光ファイバ61からの光束を整えるために設けられる。そのために、絞り14の開口部の大きさは光ファイバ61から出射する光束の大きさよりも若干小さくされている。このようにすることにより、第二光ファイバ61から出射するプローブ光の光束の方向が多少変化しても、この絞り14を通過した光束の方向と大きさを安定させることができるので、基板42の被研磨面上へのプローブ光の照射位置と照射範囲とを一定に保つことが出来る。更にこの絞りの寸法または形状を変えることにより被研磨面への照射スポットの寸法または形状を調整できるので、測定対象の半導体デバイスのパターンに適合させることができる。なおこのような絞り14を設ければ、絞り4は無くても良い。

【0056】また、本実施形態と第六または第七の実施形態とを組み合わせ用いることは好ましい。本実施形態によれば、被研磨面で反射した信号光を全て光学系22により受けて、第二光ファイバ61に取り込むことにより、反射信号光を増やすことが出来るのみならず、基板42の被研磨面へのプローブ光の照射位置と寸法を常に一定に保つことが出来るので、測定を精度良く行うことができ、更に絞り14の寸法の調整により半導体デバイスの多様なパターンに対応することができる。

【0057】〔第九の実施形態〕本実施形態の概要図を図8に示す。本実施形態は第二の実施形態とは第三の反射鏡29と透明窓23との間に凸パワーを持つ光学系22を配置している点でのみ異なる。光学系22は複数の

レンズで構成されることもあるので、本図では単に四角のブロックで示されている。第二の実施形態では光源24から発せられたプローブ光は基板42の被研磨面に到達するまでの間に発散してしまうことがあり、所要サイズのスポットとして被研磨面に照射できない場合があるので、この凸パワーを持つ光学系22により所望のサイズのスポットに絞り込むのである。尚、必要に応じて、第一反射鏡と第二反射鏡との間、または第二反射鏡と第三反射鏡との間にリレー光学系を別に設けても良い。このようにして半導体デバイスの多様なパターンに対応することができるのみならず、反射信号光を光学系の光路から逃さないで無駄なく光検出器26により受光することができる。

【0058】以上説明した第一〜第九の実施形態で、モニタ装置の構成要素は回転する部材と不回転の部材とに分離して説明したが、不回転の部材の部分のみでも本発明のモニタ装置を構成することは言うまでもない。このとき、他の回転する部材は研磨装置を構成する。

【0059】また、以上説明した第一〜第九の実施形態に共通して、研磨状態のモニタのために、残膜厚の測定または工程終了点の検知が好ましく行なわれる。また、反射信号光としては、好ましくは分光反射信号光が検知され、このために、光検出器26の前に分光器（不図示）が配置される。この分光計測の結果を不図示のA/Dコンバータ、等により不図示の信号処理部に送り、そこで膜厚を算出することが可能になる。具体的には、分光反射信号の変化を高精度に検出するために、好ましくは分光反射信号から演算されたパラメータを利用するか、または分光反射特性の参照値と分光反射特性の測定値との、相互相関関数、等を用いて比較を行なう。更にまた、モニタ装置は、被研磨面のパターン寸法に対応してパターン干渉の程度を制御するために、好ましくは空間コヒーレンス長を制御するための絞り（不図示）を光源24に具える。更にまた、反射光から1次以上の回折成分を除き、0次光のみを分光反射信号として検出するために好ましくは光検出器26の前に絞り（不図示）が配置される。これら空間コヒーレンス長の制御技術及び0次光抽出技術については特願平10-150963及び特願平11-047485及び特願平10-28917に開示されている。

【0060】さらにまた、本発明のモニタ装置は、光路中（例えば光路52、光学系22、計測部、等）に有害な外光が入って測定に悪影響を与えないように内部を艶消し吸光塗料等で塗装したパイプ等で覆うことが好ましい。

【0061】このように本モニタ装置は、その光学系が、静止部分と、回転する研磨定盤31とシャフト34に固定されて回転する部分と、に分けられ、静止部分と回転する部分とが光結合されている。ここで、光結合は、光学系の静止部分から出射した光が光損失なく回転

する部分に伝わり、回転部分から出射した光が光損失なく静止部分に伝わることを意味している。このようにして比較的設置スペースを取るビームスプリッタ25、光源24、分光器を含む光学系（分光反射信号を検出する場合）、光検出器を研磨装置から離して設置することができ、研磨装置側には被研磨面にプローブ光を安定的に伝達・照射し、且つ反射信号光を安定的に受光して回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、ファイバまたは反射鏡またはレンズ、等を用意、コンパクトな回帰光学部のみを設置すれば良いので、本モニタ装置を研磨装置に用いれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来、また本モニタ方法によれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。更にまた、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置は小型且つ軽量であり、また高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。この研磨装置を半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨に用いれば、高精度に研磨状態がモニタされた半導体ウェハが得られる。

【0062】〔第十の実施形態〕第一、第三、第四、第五、第六、第七、及び第八の実施形態に於いてファイバの端面に於ける光反射が問題になることあった。例えば第一の実施形態に於いて、第一の光ファイバの第一の端面と第二の端面で、及び第二の光ファイバの第一の端面と第二の端面で反射した反射プローブ光は基板42の方向とは逆方向に伝搬し、ノイズ光（フレア光）として光検出器に入射してしまうことがある。第一、第二の光ファイバのコアの屈折率を1.45、外部の屈折率を1.00とすると各端面に於ける反射率は約3.4%である。プローブ光や反射信号光の強度は研磨剤41による散乱損失や他の光学系による伝搬途中での損失により、またはある種類のウェハの低い反射率特性により、大きく低減することがあるので、光検出器26に最終的に入射する反射信号光の強度は、プローブ光の光ファイバを伝搬する段階時の強度よりも大きく低減することがあるので、この約3.4%という反射率は無視できない値である。

【0063】このノイズ光は信号のS/N比を低下させるために、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を悪化させることがある。本実施形態は以上の問題を解決するために行われたものであり、第一、第三、第四、第五、第六、第七、及び第八の実施形態の変形例である。これらの実施形態との違いは光ファイバの端面の方向にある。第一の実施形態では光ファイバの端面の方向が光ファイバの光軸方向に対して規定されていなかった。本実施形態では光ファイバの端面の法線方向を光ファイバの光軸方向に対して非平行とした。特に端面が接着されていない場合にその端面の法線方向を光ファイバの軸方向に対して非垂直とすることが好ましい。

【0064】図11と図12に示すのは本実施形態の一例の概要図である。図11は、第一の実施例を示す図1の第二光ファイバ61の端部65が楔状にされ、端部65に於いて第二の光ファイバの軸が基板の法線とは非平行にされている点でのみ図1と異なる。図12は図11の第二光ファイバ61の端部65の拡大図である。61は第二光ファイバ、71はこの光ファイバの軸であり、この軸に沿ってプローブ光と反射信号光が伝搬する。72はプローブ光の伝搬方向、75は反射信号光の伝搬方向である。76は第二の光ファイバ61から出射する出射プローブ光及び第二の光ファイバ61へ入射する反射信号光の光軸を示す。73は出射プローブ光の伝搬方向、74は反射信号光の伝搬方向である。77は第二の端面73の法線、78は端面の傾き角（楔角）であり、光ファイバの軸71と第二の端面80の法線80の為す角度である。傾き角78はコアの屈折率が1.45の石英ファイバの場合、8度とされる。この角度はプローブ光の第二の端面80への入射角にも等しいので、入射角と呼ぶこともあり、また反射信号光の第二の端面に対する屈折角にも等しいので屈折角と呼ぶこともある。81は出射プローブ光の出射時の屈折角に相当する角度であり、11.6度である。また、82はプローブ光が第二の端面80に於いて反射するときの反射角であり、入射角78に等しく、83は反射プローブ光の方向である。

【0065】プローブ光が第二の光ファイバに到る迄の説明は第一の実施形態の場合と同様であるので省略する。第二の光ファイバ61の軸71に沿って方向72に向かって伝搬するプローブ光は入射角78で第二の端面80に入射し、屈折角81で屈折されて出射すると共に一部のプローブ光は反射角82で反射する。屈折したプローブ光は方向73に伝搬し、基板42の被研磨面に入射する。方向73と被研磨面の法線方向とは垂直に調整されているので、ここからの反射信号光は光軸76に沿って方向74に伝搬し、第二の端面80に於いて第二の光ファイバに入射角81、屈折角78で入射し、軸71に沿って方向75に伝搬する。また、83方向に反射された反射プローブ光は光ファイバの軸71に対して16度と大きく傾いているためにこの第二の光ファイバ61の伝搬モードを形成せず、第二の光ファイバ61を伝搬中に放射されて失われる。この後の反射信号光の進行は第一の実施形態と同様であるので、説明を省略する。このようにして反射信号光は光検出器26に入射して信号として検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

【0066】本実施形態では第二の光ファイバの第二の端面80に於けるプローブ光の反射光が光検出器26に入射することがないので、反射信号光のS/N比を高めることができ、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を第一の実施形態よりも向上させることができる。

【0067】以上の説明では、簡単のために、第一の実施形態の変形例として、第二の光ファイバ61の第二の端面80のみが軸に対して非垂直とされている場合を説明した。非垂直とする端面はこの他に第二の光ファイバ61の第一の端面、第一の光ファイバ62の第一の端面または第二の端面の何れであっても良く、これらの端面のどれか一つ以上が非垂直とされていれば良く、全部の端面が非垂直とされていても良い。一般に非垂直とする端面の数が多い程、信号のS/N比を高めることができ、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を向上させることができる。どの端面を非垂直とするか、またいくつの端面を非垂直とするかは、各端面を非垂直にしたときのフレア光の低減効果と、必要な測定精度と、追加コストとのバーゲンから決定される。また、本実施形態は第一の実施形態の他に、第三、第四、第五、第六、第七、及び第八の実施形態にも光ファイバの端面を光ファイバの軸に対して非垂直にすることにより類似な方法で適用できる。

【0068】以上の説明では光ファイバの端面を光ファイバの軸に対して非垂直にすることによりフレア光を減らしたが、第十の実施形態の変形例として端面を特に光ファイバの軸に対して非垂直にせず各端面に反射防止膜を施しても類似の効果が得られる。この例の一部は前の実施形態に既に開示されている。この場合反射防止膜の残留反射光のためにフレア光を完全には零にすることができないので、効果は端部を楔状にした場合に及ばないが、光学部品の配置等に制約がある場合に必要に応じて施される。

【0069】[第十一の実施形態] 本実施形態は、光ファイバ61、62として液体より成るコアを具える光ファイバを用いている点でのみ第一、第三、第四、第五、第六、第七、第八、及び第十の実施形態と異なる。本実施形態で用いられる光ファイバは可撓性のある透明樹脂等から成る円筒形状のクラッド材の中に、クラッド材よりも高屈折率のコア材としての液体が注入されて構成され、極めて可撓性に優れる。また、光ファイバの断面積に占めるコア一部分の面積比が、細い光ファイバを複数本束ねたバンドルファイバよりも高いので、バンドルファイバよりも高透過率である。更に、クラッド材とコア材に対する材料選定の自由度が高いので、クラッド材とコア材の屈折率差をバンドルファイバよりも大きくすることができ、その結果バンドルファイバよりも大幅に高NAを得ることが出来る。本実施形態の光ファイバとしてアネウム(株)製のリキッドライトガイドを好ましく用いられる。

【0070】本実施形態では、光ファイバの可撓性が極めて高く、小さな曲率半径で曲げて折れないので、研磨体部に組み込むときの自由度が高い結果、モニタ装置または研磨装置のコンパクト化を図ることが出来る。更にまた、光ファイバの光透過率が高いので、放射光強度

が低いコンパクトな光源で同じ反射信号光を得ることが出来るためにモニタ装置のコンパクト化を図ることが出来る。また、光ファイバが高NAであるので、容易に高効率の光結合を実現することができ、光学系の設計に対する自由度が高い。

【0071】以上説明した第一〜第十一の実施形態で、モニタ装置の構成要素は回転する部材と不回転の部材とに分離して説明したが、不回転の部材の部分のみでも本発明のモニタ装置を構成することは言うまでもない。このとき、他の回転する部材は研磨装置を構成する。

【0072】また、以上説明した第一〜第十一の実施形態に共通して、研磨状態のモニタのために、残膜厚の測定または工程終了点の検知が好ましく行なわれる。また、反射信号光としては、好ましくは分光反射信号光が検知され、このために、光検出器26の前に分光器(不図示)が配置される。この分光計測の結果を不図示のA/Dコンバータ、等により不図示の信号処理部に送り、そこで膜厚を算出することが可能になる。具体的には、分光反射信号の変化を高精度に検出するために、好ましくは分光反射信号から演算されたパラメータを利用するか、または分光反射特性の参照値と分光反射特性の測定値との、相互相関関数、等を用いて比較を行なう。更にまた、モニタ装置は、被研磨面のパターン寸法に対応してパターン干渉の程度を制御するために、好ましくは空間コヒーレンス長を制御するための絞リ(不図示)を光源24に具える。更にまた、反射光から1次以上の回折成分を除き、0次光のみを分光反射信号として検出するために好ましくは光検出器26の前に絞リ(不図示)が配置される。これら空間コヒーレンス長の制御技術及び0次光抽出技術については特願平10-150963及び特願平11-047485及び特願平10-28917に開示されている。

【0073】さらにまた、本発明のモニタ装置は、光路中(例えば光路52、光学系22、計測部、等)に有害な外光が入って測定に悪影響を与えないように内部を艶消し吸光塗料等で塗装したパイプ等で覆うことが好ましい。

【0074】このように本モニタ装置は、その光学系が、静止部分と、回転する研磨定盤31とシャフト34に固定されて回転する部分と、に分けられ、静止部分と回転する部分とが光結合されている。ここで、光結合は、光学系の静止部分から出射した光が光損失なく回転する部分に伝わり、回転部分から出射した光が光損失なく静止部分に伝わることを意味している。このようにして比較的設置スペースを多く取るビームスプリット25、光源24、分光器を含む光学系(分光反射信号を検出する場合)、光検出器を研磨装置から離して設置することができ、研磨装置側には被研磨面にプローブ光を安定的に伝達・照射し、且つ反射信号光を安定的に受光して回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、フ

ファイバまたは反射鏡またはレンズ、等を用いる、コンパクトな回帰光学部のみを設置すれば良いので、本モニタ装置を研磨装置に用いれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来、また本モニタ方法によれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。更にまた、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置は小型且つ軽量であり、また高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。この研磨装置を半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨に用いれば、高精度に研磨状態がモニタされた半導体ウェハが得られる。

【0075】

【発明の効果】以上のように本発明のモニタ装置はコンパクトな回帰光学部即ち対物部のみが、研磨装置の回転する研磨体側に設けられ、比較的設置スペースを取る光源や光検出器やビームスプリッタや分光器（分光法の場合）即ち計測部が、不回転の位置に設けられるので、このモニタ装置を用いる研磨装置の設計の自由度が増え、且つ小型軽量化を図ることが出来、且つ研磨状態を高精度にモニタできる。また、本発明のモニタ方法により、研磨状態を高精度にモニタすることのみならず、研磨装置の設計の自由度の向上とコンパクト化を図ることができる。更にまた、本発明の研磨装置はコンパクトであるのみならず研磨状態を高精度にモニタ可能である。更にまた、本発明の研磨方法によれば、研磨状態を高精度にモニタするので、研磨される半導体素子、等の基板の品質と歩留りを大幅に向上できる可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第一の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図2】第二の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図3】第三、第四の実施形態を説明するモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図4】第五の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図5】第五の実施形態の凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図6】第六、第七の実施形態を説明する凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図7】第八の実施形態の凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図8】第九の実施形態の凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図9】CMP研磨装置の概要図である。

【図10】従来のモニタ装置と研磨装置の関係を示す概要図である。

【図11】第十の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

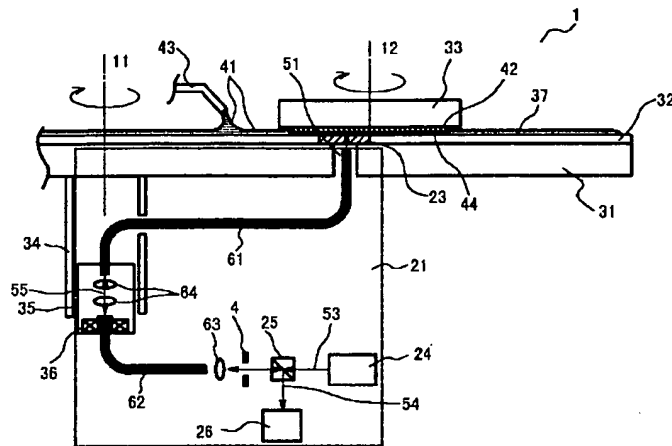
【図12】光ファイバの楔状の端部の拡大図である。

【符号の説明】

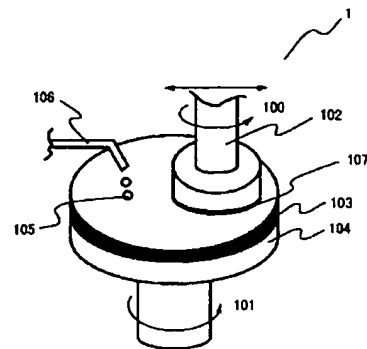
- 1 研磨装置
- 4 絞リ
- 11 研磨体の回転軸
- 12 基板の回転軸
- 14 絞リ
- 21 モニタ装置
- 22 凸のパワーを持った光学系
- 23 透明窓（反射防止膜付き）
- 24 光源（ハロゲンランプまたはキセノンランプ）
- 25 ビームスプリッタ
- 26 光検出器
- 27 不回転の第一反射鏡
- 28 回転する第二反射鏡
- 29 回転する第三反射鏡
- 31 研磨定盤
- 32 研磨体
- 33 基板保持部
- 34 シャフト
- 35 ロータリジョイント
- 36 軸受け
- 37 加工面
- 41 研磨剤
- 42 基板（半導体ウェハ）
- 43 研磨剤供給機構
- 44 被研磨面
- 61 第二光ファイバ
- 62 第一光ファイバ
- 63 第一光結合レンズ
- 64 第二光結合レンズ
- 65 端部
- 70 接着剤
- 71 光ファイバの軸
- 72 プローブ光の伝搬方向
- 73 プローブ光の伝搬方向
- 74 反射信号光の伝搬方向
- 75 反射信号光の伝搬方向
- 76 光軸
- 77 第二の端面の法線
- 78 第二の端面の傾き角（楔角）またはプローブ光の入射角（反射信号光の屈折角）
- 79 折り曲角
- 80 第二の端面
- 81 プローブ光の屈折角（反射信号光の入射角）
- 82 プローブ光の反射角
- 83 プローブ光の反射光の進行方向
- 100 研磨ヘッドの回転を示す
- 101 研磨定盤の回転を示す
- 102 基板保持部
- 103 研磨パッド

- |                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| 104 研磨定盤        | 110 透明窓                         |
| 105 研磨剤         | 220 光学系22のうち最も第二光ファイバの端面側にあるレンズ |
| 106 研磨剤供給機構     | 221 前群光学系                       |
| 107 基板(半導体ウェハ)  | 222 後群光学系                       |
| 108 プローブ光と反射信号光 |                                 |
| 109 モニタ装置       |                                 |

【図1】

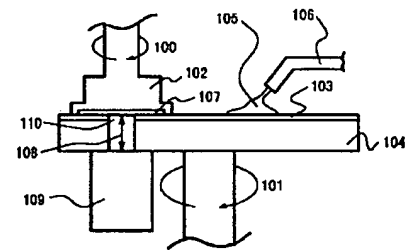
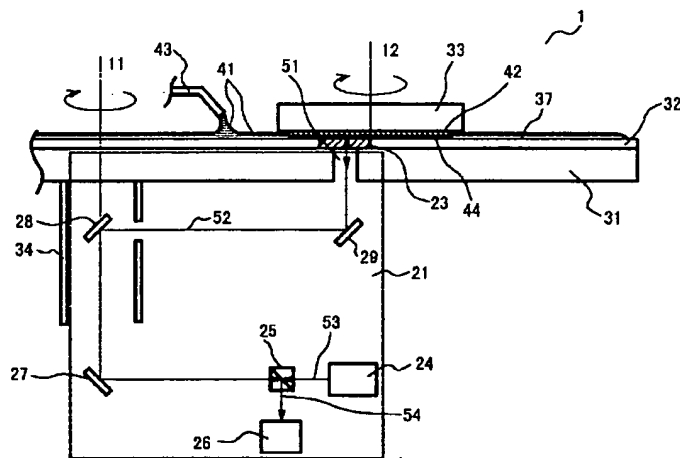


【図9】

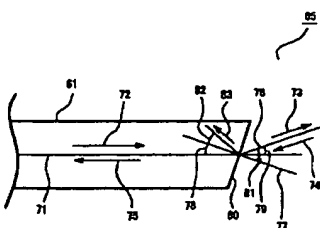


【図10】

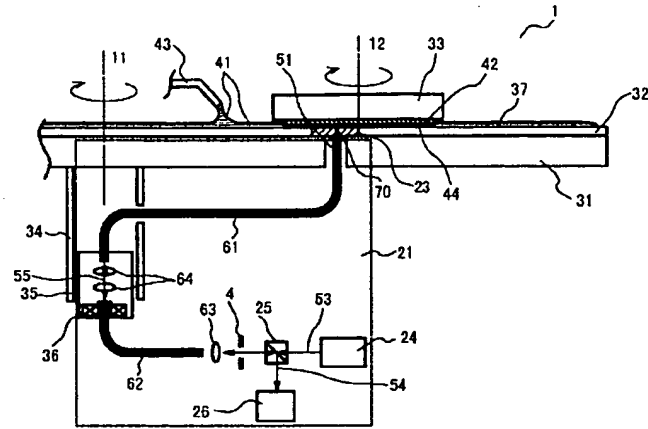
【図2】



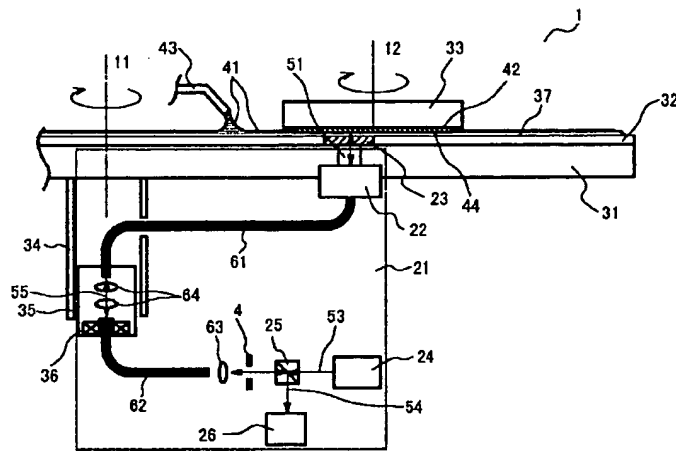
【図12】



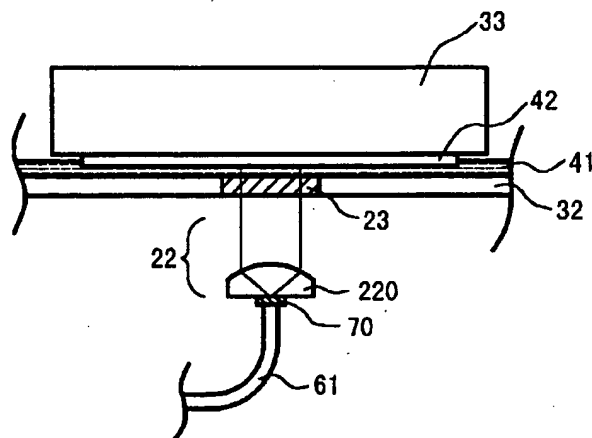
【図3】



【図4】

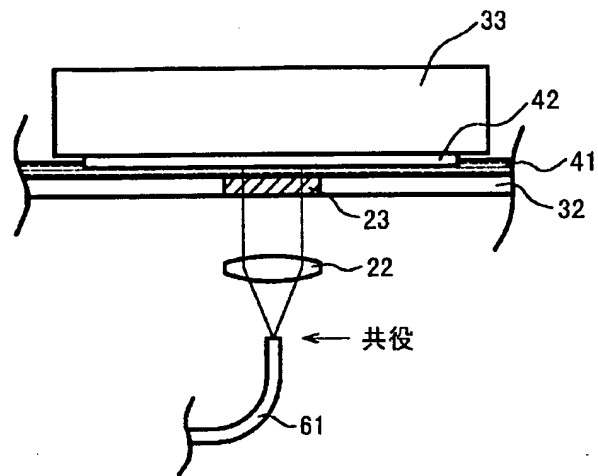


【図6】

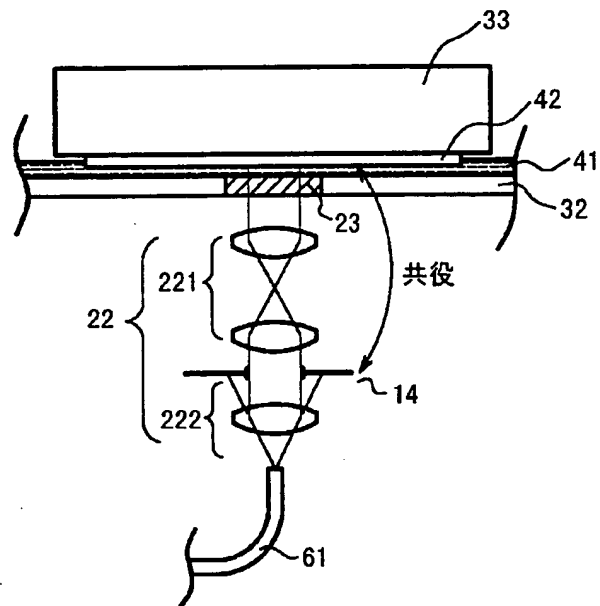




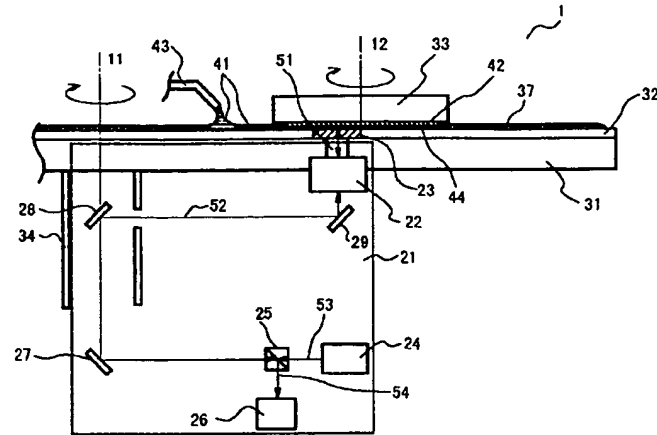
【図5】



【図7】



【図8】



【図11】

